

УДК 621.74.045

doi:10.20998/2413-4295.2018.16.14

## ПОЛОЖЕННЯ ВИЛИВКА У ФОРМІ З РІЗНОЮ ТОВЩИНОЮ СТІНОК

І. С. ЮСУБОВ<sup>\*1</sup>, Д. В. МАРИНЕНКО<sup>1</sup>, К. О. КОСТИК<sup>1</sup>, Н. В. КРАВЦОВА<sup>2</sup><sup>1</sup> кафедра ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА<sup>2</sup> кафедра "Механіка суцільних середовищ та опір матеріалів", НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

\*email: IlyasIangel@mail.ru

**АНОТАЦІЯ** Метою роботи є дослідження впливу ливникової системи на процес отримання якісного різностінного сталевих виливків у разових формах. В ході роботи було розглянуто основні технологічні моменти розрахунку та проектування ливникової системи, було спроектовано експериментальну відливку, для якої було розраховано та спроектовано декілька ливникових систем та місць живлення. Кожний варіант спроектованої технології було промодельовано. В ході порівняльного аналізу можливої пористості у виливках за критерієм Ніяма було обрано найбільш раціональне положення та місце живлення для експериментального виливків. Отримані дані можна використовувати для прискорення проектування та покращення якості отриманих виливків такої конструкції як експериментальний зразок.

**Ключові слова:** сталь; різностінність; ливникова система; пористість; моделювання.

## PROVISIONS OF LOADING IN FORM WITH DIFFERENT WOODWORKING WALLS

I. YUSUBOV<sup>A\*</sup>, D. MARYNENKO<sup>1</sup>, K. KOSTYK<sup>1</sup>, N. KRAVTSOVA<sup>2</sup><sup>1</sup> Department of Foundry, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE<sup>2</sup> Department of Continuum Mechanics and Mechanics of Materials, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** Modern trends of development of mechanical engineering is aimed at reducing the use of metal parts, but the requirement for strength characteristics also increase. For such requirements before the designers and technologists is becoming a number of complex issues that need to be addressed at the design stage of the technology of obtaining castings. The aim of this work is to study the effect of casting system on the process of obtaining quality different side steel castings in one-off forms. In the course of work were considered the main technological aspects of calculation and design of casting system was designed and built by experimental casting, for which it was designed and engineered several casting systems and feeder places. Each option is designed technology was simulated. In the comparative analysis of possible porosity in the casting on the Niyama criterion was chosen as the most rational position and place of power for the experimental castings. Obtained data can be used to accelerate the design and improve the quality of obtained castings of this design as an experimental sample. Basic requirements for the design of casting system for steel castings can be formulated as follows: the supply of metal to the mold cavity should be carried out at high speed, but smoothly and in places where the heating will enhance the effect directional solidification of the casting. The direction of flow of the liquid steel in the mold cavity should be one-sided, which ensures the removal of the application from gases and nonmetallic inclusions, for example, the tangential inlet. casting system should not impede the shrinkage of the casting, thereby increasing internal stress. The design of the feeders should provide die casting through the filled channel. The consumption of the metal and its cooling in the runner channels should be minimal.

**Keywords:** steel; different side of c casting; casting system; porosity; simulation.

## Вступ

Сучасні тенденції розвитку машинобудування спрямовані на зменшення металоемності деталей, але вимогу до міцнісних характеристик також підвищуються.

Через такі вимоги перед конструкторами та технологами стає цілий ряд складних питань, які потрібно вирішити на етапі проектування технології отримання виливків.

Зменшення товщин стінок є найчастішим рішенням при зменшенні ваги, а також додаються технологічні балки або поширення. Усе це ускладнює створення якісного виливків[1].

## Аналіз літературних даних

Правильна конструкція ливникової системи повинна забезпечувати безперервну подачу розплаву в форму по найкоротшому шляху; спокійне і плавне її заповнення; уловлювання шлаку та інших неметалевих включень; створення спрямованого затвердіння виливків; мінімальний витрата металу на ливникову систему; не викликати місцевих руйнувань форми внаслідок великої швидкості і неправильного напрямку потоку металу [2–5].

Елементи ливникової системи повинні затримувати шкідливі речовини та сміття, який може потрапляти у форму разом із розплавом. Швидкість, із якою метал буде заповнювати форму, також має

велике значення і залеже від ливникової системи [4-6].

Місце живлення треба обирати опираючись на вплив таких чинників як, направлення потоку металу (потрібно запобігати розмивання стінок та стрижнів), уникнення локальних перегрівів форми та вже утворених елементів виливка, на кінцевому етапі заповнення форми отримати мінімально можливу різницю температур [6-9].

### Мета роботи

Метою роботи є дослідження типу, конструкції, розміру та місце розташування ливникової системи, для отримання якісних виливків з різною товщиною стінки.

Для цього поставлені наступні задачі:

- обрати вилівок, який за конструкцією та маркою сплаву відповідає поставленим задачам;
- обрати спосіб проектування, розрахунку та перевірки ливникової системи для нашого випадку;
- виявити основні чинники, що впливають на утворення виливка у формі;
- встановити границі для натурального експерименту, обрати параметри для дослідження та аналізу, провести натуральний експеримент;
- використовуючи метод математичного моделювання виконати оптимізацію геометричних параметрів ливникової системи.

### Виклад основного матеріалу

Перерахуємо етапи роботи з використанням комп'ютерних систем CAD/CAE/CAM і детальніше зупинимося на комп'ютерному моделюванні ливарних процесів.

Етап 1 CAD. Побудова геометричної моделі виливки технологом на базі геометричної моделі деталі, отриманої від конструктора. Високу швидкість об'ємного конструювання в конструкторському бюро (КБ) ливарної оснастки забезпечує використання різними заводськими структурами єдиного програмного середовища.

Тоді в дереві проектування можна зберегти вихідну модель деталі і результат її прямого редагування, який відрізняється від оригіналу доданими припусками на механообробку і закритими малими отворами. Ливарні ухили будуть внесені пізніше – на третьому етапі, коли технолог призначить розташування виливки у формі.

Етап 2 CAE. Комп'ютерний аналіз ливарних особливостей геометрії виливки, виявлення теплових вузлів по розподілу температури при віртуальному спостереженні кристалізації виливка без додатків і ливникової системи. На цьому етапі обчислюється геометричний модуль, що дозволяє технологу призначити кількість, розташування і розмір додатків. Тут же можна планувати заходи по спрямованому

тепловідводу – застосування холодильників, вставок і т. п.

Етап 3 CAD. Об'ємне конструювання ливникової - живильної системи, виходячи з виявленого розташування ізолюваних зон розплаву у виливку. Варіантів розташування виливки у формі і пов'язаних з цим ливниково - живильних систем може бути декілька. Всі варіанти зберігаються в дереві побудов до прийняття остаточного рішення про найбільш ефективну конструкцію.

Етап 4 CAE. Перевірка ефективності ливниково-живильної системи, комп'ютерне моделювання ливарних процесів і обчислення службових параметрів. На цьому етапі розрахунку тепловідведення ведеться з урахуванням реальних розмірів форми і холодильників, але докладно побудовані моделі стержнів не потрібні. Оцінюється спрямованість процесів кристалізації і виявляються гарячі зони за еволюції температурних полів, маркуються ізолювані обсяги розплаву, як можливі концентратори ливарних дефектів, прогнозуються усадочні дефекти та гарячі тріщини, розраховується жолоблення виливки в умовах ускладненої усадки і лінійні усадочні коефіцієнти. Якщо вибраний варіант розташування виливки у формі, підведення металу, а також розмір і розташування додатків і холодильників не задовольняє вимогам якості виливки, технолог повертається до попереднього етапу, вносить зміни в об'ємну модель і повторює розрахунок. По закінченні цього розрахункового етапу у програмі CAD формується придатний варіант ливниково-живильної системи, який забезпечує відсутність прогнозованих дефектів в виливка. Саме цей варіант реалізується у виробництві на наступних етапах, спрямованих безпосередньо на виготовлення якісного виливка.

Етап 5 CAD. Конструювання стрижнів, стрижневих ящиків та моделей з використанням складальної компонування виливки і ливниково-живильної системи.

Етап 6 CAM. Підготовка керуючих програм для виготовлення моделей та стрижневих ящиків на верстатах з ЧПУ (чорнова і чистова обробка).

Численні практичні підтвердження ефективності описаної методики, дозволяють зробити висновки про незаперечні переваги наскрізних технологій в ливарному виробництві. У зв'язку з цим представляє інтерес комп'ютерне дослідження процесів формування великогабаритних тонкостінних сталевих виливків [11], верифікація комп'ютерних розрахунків і розробка методик, що дозволяють налаштувати програми комп'ютерного моделювання ливарних технологій на конкретні умови виробництва даного типу виливків

Всі відомі по рекламним кампаніям комп'ютерні програми (LVMflow, Polygon, Magma, ProCast, SolidCast, WinCast, Star-Cast) схожі по функціоналу і однаковим чином вирішують поставлену задачу. Прогнозування ливарних дефектів у них базується на розрахунках температурних полів,

але це лише теоретична частина роботи. Практична частина роботи полягає в тому, що, ґрунтуючись на результатах розрахунків, в першу чергу, конструюється ливниково-живильна система, що забезпечує спрямовану кристалізацію виливки і відсутність усадочних дефектів в критичних областях.

Аналіз температурних полів і ливарних дефектів проводиться комп'ютерними програмами послідовно в трьох функціональних модулях: 1) у препроцесорі генерується розрахункова сітка; 2) в

процесорі вибираються початкові і граничні умови; задаються властивості матеріалів; вирішуються на сітці диференціальні рівняння і обчислюються первинні вузлові параметри – значення температури; 3) в пост процесорі розрахункові результати обробляються і надаються в графічному вигляді; переглядаються і аналізуються похідні розрахункові характеристики – швидкості і градієнти, просторова локалізація усадочних дефектів.

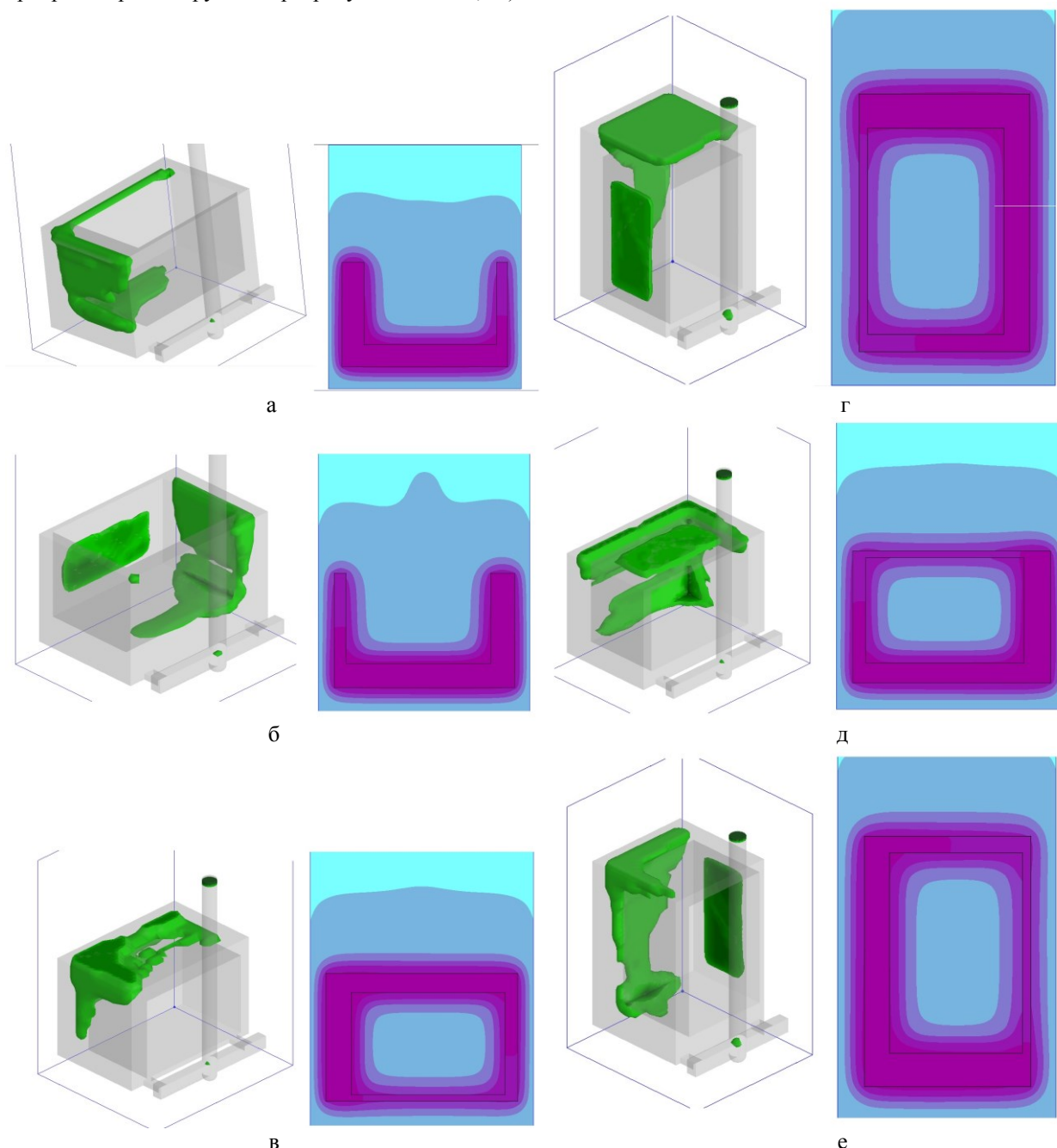


Рис. 1 – моделювання процесу заливки спроектованого різностінного виливка: а - вилівок вертикально, заливка з боку стінки 10мм; б - вилівок вертикально, заливка з боку стінки 30мм; в - вилівок боком, заливка в стінку 10мм; г - вилівок боком, заливка в стінку 20мм; д - вилівок боком, заливка в стінку 30мм; е - вилівок боком, заливка в стінку 40мм

На рис. 1. показано результати моделювання спроектованого виливка різностінного корпусу. Товщини стінок, в які проводилася заливка 10, 20, 30, 40мм (бічні стінки) і 30мм товщина нижньої стінки. На лівій частині картини показано розподіл усадочної пористості, за критерієм Ніяма. На правій стороні - розподіл температурних полів у поперечному перерізі.

З отриманих даних можна зробити висновок, що місця скупчення пористості і можливих тріщин збігаються з місцями локальних перегрівів, тому найефективнішим способом підведення ливникової системи є такий, при якому найбільш рівномірний розподіл температур. У нашому випадку найбільш рівномірний розподіл температур виявився при заливці в стінку товщиною 10мм, внаслідок того, що вона остання закінчила заповнюватися і в момент початку кристалізації мала найвищу температуру, за рахунок цього вона почала остигати останньої, але з найвищою швидкістю, тому усадка тонкої і граничних більш товстих стінок відбувалася одночасно.

Кристалізація в тонкій стінці на кордоні з товстими закінчилася в той момент часу, коли в вузлах стикування товстих стінок ще залишалася рідка фаза і кути знаходилися в пластичному стані, тим самим забезпечивши безперешкодну усадку бічних стінок і відсутність тріщин на стику з тонкою нижньою стінкою. Для забезпечення формування якісних переходів товстих стінок між собою у верхній частині виливки доцільно використовувати додатки.

В ході моделювання також була перевірена сама ливникова система в дії, конструкція і розміри якої дозволили забезпечити достатньо рівномірний підйом металу в формі зі швидкістю не менше 10 мм/с, таким чином вдасться уникнути спаїв по поверхні виливка, і навіть в самих вузьких перетинах не допускалася швидкість підйому металу швидше ніж 20 мм/с, тим самим не відбувалося розмивання форми. Струмінь металу, який може бути отриманий при литті з поворотного ковша, місткістю 250-500кг, дозволить тримати сток заповненням, тим самим забезпечити постійний натиск.

На практиці, програми як LVMflow потребують верифікаційного коригування. Проведена коригування дозволяє досить точно виявляти усадку в сталевих виливках засобами LVMflow [11].

Подальший розвиток комп'ютерного моделювання ливарних технологій направлено, перш за все, на аналіз напружено-деформованих станів твердіючих виливків. Розрахунок напружень та деформацій дозволяє прогнозувати появу тріщин і безпосередньо обчислювати лінійні параметри що заважають усадці, виявляти викривлення, точно призначати розміри моделей і стрижнів. Цей напрямок зазначено у всіх програмах, але в даний час недостатньо опрацьовано на рівні математичної теорії освіти ливарних тріщин.

## Обговорення результатів

Сталь, особливо легована, з точки зору ливарної технології, є складним сплавом. Це обумовлюється рядом причин, таких, наприклад, як низька текучість, підвищена здатність до окислення компонентів, термохімічне взаємодія з формувальними матеріалами. Внаслідок особливостей твердіння сталі, видалення газів і неметалевих включень з твердіючого виливка досить складно. Підвищена усадка стали викликає необхідність застосування добавки. У сталевих виливках в процесі їх затвердіння і охолодження розвиваються значні внутрішні напруги, що викликають викривлення і утворення тріщин. Тому конструювання і розрахунок систем живильників сталевих виливків є найважливішим етапом ливарної технології. На думку конструкторів і технологів [7,8], втрати і виробничий брак сталевих виливків принаймні на три чверті залежать від вибору конструкції і розмірів елементів ливникової системи, температури металу і швидкості розливання.

## Висновки

Основні вимоги до конструкції ливникової системи для сталевих виливків можуть бути сформульовані наступним чином:

1. Підведення металу до порожнини форми повинне здійснюватися з високою швидкістю, але плавно та в ті місця, розігрів яких посилює ефект спрямованої кристалізації виливка.
2. Напрямок руху потоку рідкої сталі в порожнині ливарної форми повинно бути одностороннім, що забезпечує винос в додаток газів і неметалевих включень, наприклад, тангенціальне підведення.
3. Ливникова системи не повинна гальмувати усадку виливків, викликаючи тим самим підвищення внутрішніх напружень.
4. Конструкція живильників повинна забезпечувати заливку форми через заповнений канал.
5. Витрата металу і його охолодження в каналах ливникової системи повинні бути мінімальною.

## Список літератури

1. **Carlson, K. D.** Prediction of Shrinkage Pore Volume Fraction Using a Dimensionless Niyama Criterion / **K. D. Carlson, C. Beckermann** // *Metallurgical and Materials Transactions A.* – 2009. – V. 40. – №. 1. – P. 163-175. – doi:10.1007/s11661-008-9715-y.
2. **Idan, A. F. I.** The study of the influence of laser hardening conditions on the change in properties of steels / **A. F. I. Idan, O. Akimov, L. Golovko, O. Goncharuk, K. Kostyk** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2016. – V. 2. – №. 5 (80). – P. 69-73. – doi:10.15587/1729-4061.2016.65455.
3. **Carlson, K. D.** Development of new feeding-distance rules using casting simulation: Part I. Methodology / **K. D.**

- Carlson, R. A., Hardin, C., Beckermann** // *Metallurgical and Materials Transactions A*. – 2009. – V. 40. – №. 1. – P. 163-175. – doi:10.1007/s11663-002-0027-0.
4. **Mohanad, M. K.** Modeling of the case depth and surface hardness of steel during ion nitriding / **M. K. Mohanad, V. Kostyk, D. Domin, K. Kostyk** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 2. – №. 5 (80). – P. 45-49. – doi:10.15587/1729-4061.2016.65454.
  5. **Tavakoli, R.** Automatic optimal feeder design in steel casting process / **R. Tavakoli, P. Davami** // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 2008. – V. 197. – №. 9 (12). – P. 921-932. – doi: 10.1016/j.cma.2007.09.018.
  6. **Kostyk, K.** Development of innovative method of steel surface hardening by a combined chemical-thermal treatment / **K. Kostyk** // *EUREKA: Physics and Engineering*. – 2016. – №. 6. – P. 46-52. – doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  7. **Wondrak T.** Contactless inductive flow tomography for a model of continuous steel casting / **T Wondrak, V Galindo, G Gerbeth, T Gundrum, F Stefani** // *Measurement Science and Technology*. – 2010. – V. 21. – №. 4. – doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  8. **Dhafer, W. A.-R.** The choice of the optimal temperature and time parameters of gas nitriding of steel / **W. A.-R. Dhafer, V. Kostyk, K. Kostyk, A. Glotka, M. Chechel** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 3. – №. 5 (81). – P. 44-50. – doi: 10.15587/1729-4061.2016.69809.
  9. **Cukierski, K.** Flow Control with Local Electromagnetic Braking in Continuous Casting of Steel Slabs / **K. Cukierski, B. G. Thomas** // *Metall and Materi Trans B*. – 2008. – № 39 (94). – doi:10.1007/s11663-007-9109-3.
  10. **Kostyk, K.** Surface hardening of tool from steel 38Cr2MoAl complex chemical-heat treatment / **K. Kostyk** // *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*. – 2015. – № 39 (1148). – P. 26-33. – doi:10.15587/1729-4061.2017.100014.
  11. **Zhang, J. F.** Numerical simulation of deformation in large scale hydroturbine blade casting / **J. F. Zhang, J. W. Kang, B. C. Liu, Y. Wu, J. S. Zhang, Z. C. Rong** // *International Journal of Cast Metals Research*. – 2008. – V. 38. – №. 8. – P. 620-629. – doi:10.1179/1743281211Y.0000000042.
  12. **Акимов, О. В.** Сплавы с эффектом памяти формы. История появления и развития, физика процесса их уникальных свойств / **О. В. Акимов, С. М. Нури Ахмед** // *Вісник Національного технічного університету*. – 2015. – № 14. – С. 42-49.
  13. **Акимов, О. В.** Влияние термической обработки на свойства нового сплава на основе железа / **О. В. Акимов, С. М. Нури Ахмед** // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – Т. 6. – №. 11 (78). – С. 35-40. – doi:10.15587/1729-4061.2015.56370.
  - Criterion. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2009, **40**, 1, 163-175, doi:10.1007/s11661-008-9715-y.
  2. **Idan, A. F. I., Akimov, O., Golovko, L., Goncharuk, O., Kostyk, K.** The study of the influence of laser hardening conditions on the change in properties of steels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **2**, 5 (80), 69-73, doi:10.15587/1729-4061.2016.65455.
  3. **Carlson, K. D., Hardin, R. A., Beckermann, C.** Development of new feeding-distance rules using casting simulation: Part I. Methodology. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 2009, **40**, 1, 163-175, doi:10.1007/s11663-002-0027-0.
  4. **Mohanad, M. K., Kostyk, V., Domin, D., Kostyk, K.** Modeling of the case depth and surface hardness of steel during ion nitriding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **2**, 5 (80), 45-49, doi:10.15587/1729-4061.2016.65454.
  5. **Tavakoli, R., Davami, P.** Automatic optimal feeder design in steel casting process. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2008, **197**, 9 (12), 921-932, doi: 10.1016/j.cma.2007.09.018.
  6. **Kostyk, K.** Development of innovative method of steel surface hardening by a combined chemical-thermal treatment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2016, **6**, 46-52, doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  7. **Wondrak, T., Galindo, V., Gerbeth, G., Gundrum, T., Stefani, F.** Contactless inductive flow tomography for a model of continuous steel casting. *Measurement Science and Technology*, 2010, **21**, 4, doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  8. **Dhafer, W. A.-R., Kostyk, V., Kostyk, K., Glotka, A., Chechel, M.** The choice of the optimal temperature and time parameters of gas nitriding of steel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **3**, 5 (81), P. 44-50, doi: 10.15587/1729-4061.2016.69809.
  9. **Cukierski, K., Thomas, B. G.** Flow Control with Local Electromagnetic Braking in Continuous Casting of Steel Slabs. *Metall and Materi Trans B*, 2008, **39** (94), doi:10.1007/s11663-007-9109-3.
  10. **Kostyk, K.** Surface hardening of tool from steel 38Cr2MoAl complex chemical-heat treatment. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*, 2015, **39** (1148), 26-33, doi:10.15587/1729-4061.2017.100014.
  11. **Zhang, J. F., Kang, J. W., Liu, B. C., Wu, Y., Zhang, J. S., Rong, Z. C.** Numerical simulation of deformation in large scale hydroturbine blade casting. *International Journal of Cast Metals Research*, 2008, **38**, 8, 620-629, doi:10.1179/1743281211Y.0000000042.
  12. **Akimov, O. V., Nuri Ahmed, S. M.** Splavi s effectom pamyati formi. Istoriya poyavleniya i razvitiya, fizika processa ih unikalnih svoystv. *Bulletin of the National Technical University*, 2015, **14**, 42-49.
  13. **Akimov, O. V., Nuri Ahmed, S. M.** Vliyanie termicheskoy obrabotki na svoystva novogo splava na osnove geleza. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, **6**, 11 (78), 35-40, doi:10.15587/1729-4061.2015.56370.

## Bibliography (transliterated)

1. **Carlson, K. D., Beckermann, C.** Prediction of Shrinkage Pore Volume Fraction Using a Dimensionless Niyama

## Сведения об авторах (About authors)

**Юсубов Ильяс Сархадович** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Литейное производство, г. Харьков, Украина; e-mail: prostooelementary@gmail.com.

**Illias Yusubov** – National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv city, Ukraine; e-mail: Ilyaslangel@mail.ru.

**Мариненко Дмитрий Витальевич** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Литейное производство, г. Харьков, Украина; e-mail: dmytromarynenko@gmail.com.

**Dmytro Marynenko** – National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv city, Ukraine; e-mail: dmytromarynenko@gmail.com.

**Костик Екатерина Александровна** - кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Литейное производство; г. Харьков, Украина; e-mail: eklitus@yandex.ru.

**Kateryna Kostyk** – PhD of Technical Sciences, associate Professor, Department of Foundry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: eklitus@yandex.ru.

**Кравцова Наталья Викторовна** – инженер 1 категории кафедры "Механика сплошных сред и сопротивление материалов", Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина.

**Natalia Kravtsova** – the engineer of 1 category of Department of Continuum Mechanics and Mechanics of Materials, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Юсубов, И. С.** Положення виливка у формі з різною товщиною стінок / **И. С. Юсубов, Д. В. Мариненко, К. О. Костик, Н. В. Кравцова** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 96-101. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.14.

*Please cite this article as:*

**Yusubov, I., Marynenko, D., Kostyk, K., Kravtsova, N.** Provisions of loading in form with different woodworking walls. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **16** (1292), 96-101, doi:10.20998/2413-4295.2018.16.14.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Юсубов, И. С.** Положение отливки в форме с различной толщиной стенок / **И. С. Юсубов, Д. В. Мариненко, Е. А. Костик, Н. В. Кравцова** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 96-101. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.14.

**АННОТАЦИЯ** Целью работы является исследование влияния литниковой системы на процесс получения качественной разностенной стальной отливки в разовых формах. В ходе работы были рассмотрены основные технологические моменты расчета и проектирования литниковой системы, было спроектировано экспериментальную отливку, для которой было рассчитано и спроектировано несколько литниковых систем и мест питания. Каждый вариант спроектированной технологии было промоделировано. В ходе сравнительного анализа возможной пористости в отливке по критерию Нияма было выбрано наиболее рациональное положение и место питания для экспериментальной отливки. Полученные данные можно использовать для ускорения проектирования и повышения качества полученных отливок такой конструкции, как экспериментальный образец.

**Ключевые слова:** сталь; разностенность; литниковая система; пористость; моделирование.

*Поступила (received) 30.04.2018*